

(Translation)  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

Jc879 U.S. PTO  
10/032086  
12/21/01

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

#3  
Priority  
Paper  
5-1-02  
Ratolun

Date of Application : December 26, 2000

Application Number : Patent Appln. No. 2000-396324

Applicant(s) : SHARP KABUSHIKI KAISHA

Wafer  
of the  
Patent  
Office

October 26, 2001

Kozo OIKAWA  
  
Commissioner,  
Patent Office

Seal of  
Commissioner  
of  
the Patent  
Office

Appln. Cert. No.

Appln. Cert. Pat. 2001-3093738

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

Jc879 U.S. PTO  
10/032086  
12/21/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-396324

出 願 人

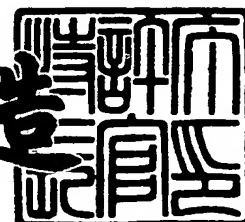
Applicant(s):

シャープ株式会社

2001年10月26日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3093738

【書類名】 特許願

【整理番号】 00J04641

【提出日】 平成12年12月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 小出 典克

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100078282

【弁理士】

【氏名又は名称】 山本 秀策

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001878

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005652

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光素子およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 窒化物半導体材料によって発光層を有する積層構造にそれぞれが形成された複数の柱状多層構造体が、シリコン基板上に、相互に絶縁状態で設けられており、各柱状多層電極体同士が電極によって相互に接続されていることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 前記シリコン基板上には、各柱状多層電極体を相互に絶縁する絶縁膜が設けられている請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 3】 前記各柱状多層電極体は、相互に  $5 \sim 20 \mu\text{m}$  の間隔をあけて配置されている請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 4】 前記各柱状多層電極体は、シリコン基板における  $\langle 11-2 \rangle$  の結晶方向およびその結晶方向に垂直な方向に沿ったマトリクス状に配置されている請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 5】 前記各柱状多層電極体の断面が、それぞれ正方形または長方形になっている請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 6】 前記各柱状多層電極体の断面が、三角形になっている請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 前記各柱状多層電極体は、シリコン基板における  $\langle 11-2 \rangle$  の結晶方向に垂直な方向の長さが  $100 \mu\text{m}$  以下である請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 8】 前記柱状多層電極体同士を接続する電極は、各柱状多層電極から照射される光を透過させる透明電極である請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 9】 前記柱状多層電極体同士を接続する電極には、該電極に外部からの電流を供給するためのボンディング電極が設けられている請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 10】 前記各柱状多層電極体は、それぞれ同一の波長の光を照射する請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 1 1】 前記各柱状多層電極体から照射される光は、予め設定された複数の異なる波長のいずれかとされる請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 1 2】 前記隣接する柱状多層電極体同士が、さらに、導電体によって電氣的に接続されている請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 1 3】 シリコン基板上に、複数の開口部を有する絶縁膜を設ける工程と、

該絶縁膜の各開口部に、窒化物半導体材料によって発光層を有する柱状多層構造体を形成する工程と、

形成された各柱状多層電極体同士を相互に電氣的に接続する電極を形成する工程と、

を包含することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体発光素子およびその製造方法に関し、特に、シリコン基板（Si 基板）上に発光層として窒化物半導体層が設けられた半導体発光素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

GaN、InN、AlN、あるいはそれらの混晶半導体等の窒化物半導体材料を使用した発光素子は、通常、サファイア基板上に、窒化物半導体膜、例えば、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  結晶を発光層として設けられている。

【0003】

しかしながら、近時、サファイア基板よりも安価であって大きな面積のシリコン（Si）基板が製造されるようになっており、サファイア基板に代えて、このような Si 基板を使用することにより、窒化物半導体発光素子を安価に製造することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

S i 基板を使用して窒化物半導体発光素子を製造する場合、窒化物半導体膜は、S i 基板に比べて熱膨張係数が大きいために、高温でエピタキシャル成長を行った後に、温度が室温にまで低下すると、S i 基板と窒化物半導体膜との膨張係数の差によって、窒化物半導体膜がS i 基板よりも大きく収縮する。

## 【 0 0 0 5 】

図 8 は、S i 基板を使用した窒化物半導体発光素子の概略構成図である。図 8 に示すように、S i 基板 3 1 上に窒化物半導体膜 3 2 を、高温によってエピタキシャル成長させた後に、室温にまで温度が低下すると、窒化物半導体膜 3 2 が大きく収縮することにより、S i 基板 3 1 と窒化物半導体膜 3 2 との界面において引っ張り応力が加わり、クラック 3 3 が発生するおそれがある。

## 【 0 0 0 6 】

このようなクラックが発生すると、ダブルヘテロ構造の窒化物半導体発光素子では、発光に寄与しない無効なリーク電流が増加し、高輝度にて発光させることができなくなるという問題がある。

## 【 0 0 0 7 】

本発明は、このような問題を解決するものであり、その目的は、長寿命であって、高輝度な窒化物半導体発光素子およびその製造方法を提供することにある。

## 【 0 0 0 8 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の半導体発光素子は、窒化物半導体材料によって発光層を有する積層構造にそれぞれが形成された複数の柱状多層構造体が、シリコン基板上に、相互に絶縁状態で設けられており、各柱状多層電極体同士が電極によって相互に接続されていることを特徴とする。

## 【 0 0 0 9 】

前記シリコン基板上には、各柱状多層電極体を相互に絶縁する絶縁膜が設けられている。

## 【 0 0 1 0 】

前記各柱状多層電極体は、相互に 5 ～ 2 0  $\mu\text{m}$  の間隔をあけて配置されている。

【 0 0 1 1 】

前記各柱状多層電極体は、シリコン基板における $\langle 11-2 \rangle$ の結晶方向およびその結晶方向に垂直な方向に沿ったマトリクス状に配置されている。

【 0 0 1 2 】

前記各柱状多層電極体の断面が、それぞれ正方形または長方形になっている。

【 0 0 1 3 】

前記各柱状多層電極体の断面が、三角形になっている。

【 0 0 1 4 】

前記各柱状多層電極体は、シリコン基板における $\langle 11-2 \rangle$ の結晶方向に垂直な方向の長さが $100\mu\text{m}$ 以下である。

【 0 0 1 5 】

前記柱状多層電極体同士を接続する電極は、各柱状多層電極から照射される光を透過させる透明電極である。

【 0 0 1 6 】

前記柱状多層電極体同士を接続する電極には、該電極に外部からの電流を供給するためのボンディング電極が設けられている。

【 0 0 1 7 】

前記各柱状多層電極体は、それぞれ同一の波長の光を照射する。

【 0 0 1 8 】

前記各柱状多層電極体から照射される光は、予め設定された複数の異なる波長のいずれかとされる。

【 0 0 1 9 】

前記隣接する柱状多層電極体同士が、さらに、導電体によって電氣的に接続されている。

【 0 0 2 0 】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、シリコン基板上に、複数の開口部を有する絶縁膜を設ける工程と、該絶縁膜の各開口部に、窒化物半導体材料によって発光層を有する柱状多層構造体を形成する工程と、形成された各柱状多層電極体同士を相互に電氣的に接続する電極を形成する工程と、を包含することを特徴と

する。

#### 【0021】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

#### 【0022】

図1は、本発明の半導体発光素子の実施の形態である窒化物半導体発光素子の一例を示す概略断面図、図2は、窒化物半導体発光素子の概略平面図である。この窒化物半導体発光素子は、(111)基板であるSi基板11と、Si基板11上に、それぞれが独立した複数の部分に結晶成長させるために、各結晶成長部分を除いてSi基板11の表面を覆うように、Si基板11上に適当な厚さで設けられた絶縁膜18とを有している。絶縁膜18は、例えば、 $\text{SiO}_2$ によって構成されている。

#### 【0023】

Si基板11に設けられた絶縁膜18には、内部に窒化物半導体材料を結晶成長させることによって形成される柱状多層構造体20がそれぞれ設けられた多数の開口部18aが、Si基板11の一方のコーナ一部を除いて設けられている。各開口部18aは、絶縁膜18を貫通しており、各開口部18a内に、Si基板11の表面が露出している。各開口部は、それぞれ正形状になっており、Si基板11上に結晶成長される窒化物半導体材料の結晶成長の方向である $\langle 11-2 \rangle$ 方向および $\langle 1-10 \rangle$ 方向に沿ってマトリクス状に配置されている。

#### 【0024】

絶縁膜18の各開口部18a内に設けられる窒化物半導体材料の柱状多層構造体20は、Siをドーピングしたn-AlInNによって構成されたバッファ層21を有しており、このバッファ層21がSi基板11の表面に積層されている。バッファ層21上には、n-GaInNによって構成された第1のクラッド層22と、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ によって構成された発光層23と、p-AlGaInNによって構成されたキャリアブロック層24と、p-GaInNによって構成された第2のクラッド層25とが、順番に積層されており、これにより、柱状多層構造体20が形成されている。



## 【0025】

第2のクラッド層25は、絶縁膜18の上面よりも上方に位置しており、第2のクラッド層25を覆うように、絶縁膜18の上面のほぼ全体にわたって透明電極16が積層されている。従って、全ての柱状積層構造体20の第2クラッド層25は、透明電極16と直接接触しており、全ての柱状積層構造体20が相互に電氣的に接続されている。

## 【0026】

絶縁膜18のコーナー部の上面を覆う透明電極16上には、透明電極16に対して外部から電流を供給するための円柱状のボンディング電極17が設けられている。また、Si基板11の裏面には、裏面電極19が設けられている。

## 【0027】

$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ によって構成された発光層23は、Inの組成比 $x$ を変更することにより、バンド間の発光波長を、紫外域から赤色域まで変更することができる。本実施の形態では、全ての柱状積層構造体20の発光層23から青色光が発光されるように、Inの組成比 $x$ が設定されている。

## 【0028】

p型のp-GaInNによって構成された第2のクラッド層25に接続される透明電極16は、20nm以下の膜厚の金属膜もしくはITO膜によって構成されている。ITO膜には、Ta、Co、Rh、Ni、Pd、Pt、Cu、Ag、Auのいずれかの金属を含むことが好ましい。

## 【0029】

Si基板11の裏面に設けられた裏面電極19は、金属によって構成されており、特に、Al、Ti、Zr、Hf、V、Nbのいずれかを含むことが好ましい。

## 【0030】

このような構成の窒化物半導体発光素子は、次のようにして製造される。まず、Si基板11を洗浄した後に、スパッタ法を用いて、絶縁膜18である $\text{SiO}_2$ 膜を厚さ700nmに堆積させる。なお、この絶縁膜18としては、 $\text{SiO}_2$ 膜に代えて窒化シリコン膜を用いてもよい。

## 【0031】

Si基板11上にSiO<sub>2</sub>膜を所定の厚さに堆積させると、フォトリソグラフィーおよびエッチング技術によって、例えば、それぞれが正形状に構成された複数の開口部18aを、所定のマトリクス状に形成する。

## 【0032】

このようにして、絶縁膜18に多数の開口部18aが形成されて、各開口部18aからSi基板11の表面が露出した状態になると、Si基板11の表面を洗浄した後に、絶縁膜18が設けられたSi基板11を、MOCVD装置内に配置する。そして、MOCVD装置内にSi基板11が配置されると、水素(H<sub>2</sub>)雰囲気中において、約1100℃の高温によって、Si基板11を洗浄する。

## 【0033】

その後、MOCVD装置内に、キャリアガスとしてN<sub>2</sub>を10L/分の流量で供給しつつ、800℃の温度にて、NH<sub>3</sub>を5L/分の流量で、また、トリメチルアルミニウム(TMA)を20μmol/分の流量で、さらに、トリメタルインジウム(TMI)を、137μmol/分の流量で、それぞれ供給し、さらに、数秒後に、SiH<sub>4</sub>ガスを装置内に導入することにより、Siドーピングを行ったAl<sub>0.85</sub>In<sub>0.15</sub>Nバッファ層21を、絶縁膜18の各開口部内に、約30nmの厚さで結晶成長させる。

## 【0034】

なお、このMOVPE法における結晶成長において、III族原料ガスである有機金属(TMA、TMI)を、V族原料のNH<sub>3</sub>ガスよりも数秒先に供給することにより、Al<sub>0.85</sub>In<sub>0.15</sub>Nバッファ層21を平坦にすることができる。NH<sub>3</sub>ガスを有機金属よりも先に供給する場合には、Si基板11の表面が窒化されるが、有機金属をNH<sub>3</sub>ガスよりも先に供給することにより、Si基板11の表面が窒化されることが防止されて、Si基板と11と窒化物半導体界面となるSi基板11の表面に、III族元素が配列されることによるものと考えられる。有機金属をNH<sub>3</sub>ガスよりも数秒先に供給するタイミングはMOCVD装置によって異なる。

## 【0035】

また、 $\text{Al}_{0.85}\text{In}_{0.15}\text{N}$ バッファ層21を、Si基板11上に、同じIn組成を保ちつつ結晶成長させて形成する際に、Si基板11との界面となる $\text{Al}_{0.85}\text{In}_{0.15}\text{N}$ バッファ層21の下部にAlの混晶比がより高い厚さ20nmの $\text{Al}_{0.95}\text{In}_{0.05}\text{N}$ 層を設けることにより、さらに、柱状多層構造体20とSi基板11との界面の状態が良好になる。

## 【0036】

$\text{Al}_{0.85}\text{In}_{0.15}\text{N}$ バッファ層21が形成されると、続いて、同じく800℃の温度で、TMAの供給を停止し、Siドープ $\text{Ga}_{0.92}\text{In}_{0.08}\text{N}$ を結晶成長させて、約300nmの厚さのn型の第1のクラッド層22を形成する。

## 【0037】

n型の第1のクラッド層22としては、 $\text{Al}_{0.85}\text{In}_{0.15}\text{N}$ バッファ層21を堆積した後、その成長温度を高温に上げることによって得られるGaN膜を使用してもよく、また、Inを含み、Alを含まないGaInNの膜を用いてもよい。GaInN膜の場合には、成長温度を高温に上げることなく、低温成長が可能になり、Si基板11におけるクラックの発生を抑制することができる。

## 【0038】

その後、TMA、TMI、TMGの供給をそれぞれ停止して、基板温度を760℃まで低下させて、インジウム原料であるトリメチルインジウム（TMI）を6.5  $\mu\text{mol}/\text{min.}$ の流量で、TMGを2.8  $\mu\text{mol}/\text{min.}$ の流量で、それぞれ導入し、 $\text{In}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{N}$ よりなる厚さ3nmの井戸層を成長させる。その後、再び、850℃まで温度を上昇し、TMGを14  $\mu\text{mol}/\text{min.}$ の流量で導入して、GaNによって構成された障壁層を成長させる。以後、同様にして、井戸層および障壁層の成長を繰り返すことにより、合計5層の井戸層と、井戸層の間および井戸層上に設けられた合計5層の障壁層とを有する多量子井戸層（MQW）を形成する。これにより、発光層23が形成される。

## 【0039】

発光層23の形成が終了すると、最後の障壁層の成長と同様の温度で、TMGを11  $\mu\text{mol}/\text{min.}$ の流量、TMAを1.1  $\mu\text{mol}/\text{min.}$ の流量、TMGを40  $\mu\text{mol}/\text{min.}$ の流量で、それぞれ導入するとともに、p型ドーピングガス原料であ

るビスシクロペンタジエニルマグネシウム ( $\text{Cp}_2\text{Mg}$ ) を  $10\text{ nmol/min.}$  の流量で供給し、 $\text{Mg}$  をドーピングした  $\text{Al}_{0.20}\text{Ga}_{0.75}\text{In}_{0.05}$  を結晶成長することにより、 $50\text{ nm}$  の厚さの  $\text{p}$  型キャリアブロック層 24 を形成する。

## 【0040】

$\text{p}$  型キャリアブロック層 24 の成長が終了すると、同様の成長温度で、 $\text{TMA}$  の供給を停止し、 $\text{Mg}$  をドーピングした  $\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{N}$  を結晶成長させて、 $80\text{ nm}$  の厚さの  $\text{p}$  型の第 2 クラッド層 25 を形成する。

## 【0041】

このようにして、絶縁膜 18 に設けられた各開口部 18a 内に柱状多層構造体 20 がそれぞれ形成されると、 $\text{TMG}$ 、 $\text{TMI}$ 、 $\text{Cp}_2\text{Mg}$  の供給を停止した後、室温にまで冷却して、 $\text{MOCVD}$  装置から取り出す。その後、各柱状多層構造体 20 の最上部の  $\text{p}$  型  $\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{N}$  層によって構成された第 2 クラッド層 25 をそれぞれ覆うように、絶縁膜 18 の上面全域にわたって、透明電極 16 を形成する。これにより、絶縁膜 18 によってそれぞれが相互に独立して形成された各柱上多層構造体 20 は、透明電極 16 によって電氣的に相互に接続された状態になる。

## 【0042】

透明電極 16 が形成されると、柱状多層構造体 20 が設けられていない透明電極 16 の一方のコーナー部上に、ボンディング電極 17 を設けるとともに、 $\text{Si}$  基板 11 の裏面に、裏面電極 19 を設ける。これにより、図 1 および図 2 に示す窒化物半導体発光素子が得られる。

## 【0043】

このようにして製造された窒化物半導体発光素子は、外部からボンディング電極 17 を介して、透明電極 16 に電圧が印加されることにより、絶縁膜 18 にて相互に電氣的に絶縁状態になっている各柱状多層構造体 20 に電圧が印加され、 $\text{Si}$  基板 11 の裏面に設けられた裏面電極 19 との間の電圧差により、各柱状多層構造体 20 の発光層 23 から光が出射される。発光層 23 から出射された光は、各柱状多層構造体 20 の上面から、透明電極 16 を透過して上方にそれぞれ照射される。

## 【 0 0 4 4 】

このように、S i 基板 1 1 に対して、絶縁膜 1 8 によって相互に絶縁状態になった多数の各柱状多層構造体 2 0 が形成されているために、S i 基板 1 1 に対する各柱状多層構造体 2 0 の面積が小さくなり、各柱状多層構造体 2 0 を形成する際に S i 基板 1 1 との間に加わる引っ張り応力が緩和される。その結果、S i 基板 1 1 にクラックが発生するおそれがない。

## 【 0 0 4 5 】

なお、前記実施の形態では、複数の開口部 1 8 a を有する絶縁膜 1 8 を所定の厚さに形成した後に、各開口部 1 8 a 内に柱状多層構造体 2 0 をそれぞれ形成する構成であったが、このような構成に代えて、柱状多層構造体 2 0 の厚さよりも薄い適当な厚さの S i O<sub>2</sub> 膜を堆積して、所定の位置に複数の開口部を形成し、各開口部内に柱状多層構造体 2 0 を、それぞれ前述した方法と同様の方法によって形成して、S i O<sub>2</sub> 膜から突出するように各柱状多層構造体 2 0 をそれぞれ形成した後に、再度、S i O<sub>2</sub> 膜を所定の厚さに堆積する構成としてもよい。

## 【 0 0 4 6 】

この場合には、図 3 に示すように、各柱状多層構造体 2 0 が絶縁膜 1 8 内に埋設した状態に形成される。絶縁膜 1 8 の上面には、全体にわたって透明電極 1 6 が形成され、これにより、絶縁膜 1 8 から露出した各柱状多層構造体 2 0 の上面と透明電極 1 6 とが接触される。透明電極 1 6 上の所定位置にボンディング電極 1 7 が設けられるとともに、S i 基板 1 1 の裏面に裏面電極 1 9 が設けられる構成は、図 1 に示す窒化物半導体発光素子と同様である。

## 【 0 0 4 7 】

また、図 4 に示すように、S i 基板 1 1 に設けられた絶縁膜 1 8 に設けられる開口部 1 8 a をそれぞれ正三角形状に形成して、各開口部 1 8 a の一辺が、それぞれ、( 1 1 1 ) 基板である S i 基板の結晶方向である  $\langle 1 1 - 2 \rangle$  方向とは直交する  $\langle 1 - 1 0 \rangle$  の結晶方向に沿った直線状に位置するように、その方向に並べて形成してもよい。この場合、 $\langle 1 - 1 0 \rangle$  方向に沿った直線上に一辺がそれぞれ設けられた各開口部 1 8 a の頂点は、その一辺に対して  $\langle 1 1 - 2 \rangle$  方向に位置されている。そして、 $\langle 1 - 1 0 \rangle$  方向に沿って隣接する各開口部 1 8 a 間

に、 $\langle 1-10 \rangle$ 方向に沿った直線上に一辺がそれぞれ設けられて、それぞれの頂点が、 $\langle 11-2 \rangle$ 方向とは反対方向に位置された開口部 18a が、それぞれ配置されている。

## 【0048】

このように構成された絶縁膜 18 の各開口部 18a 内に、前記実施の形態と同様に、柱状多層構造体 20 がそれぞれ形成されて、透明電極 16、ボンディング電極 17、裏面電極 19 がそれぞれ設けられて窒化物半導体素子とされる。

## 【0049】

このような構成の窒化物半導体発光素子では、クラックの形成される方向は窒化物半導体膜の場合、 $\langle 11-2 \rangle$ であり、Si (111) 基板においては、Si の $\langle 1-10 \rangle$ 軸方向と平行に $\langle 11-2 \rangle$ 軸方向がエピタキシャル成長される。従って、図4に示すように、Si 基板の $\langle 1-10 \rangle$ 方向に平行になるように、三角形のマスクを形成することにより、クラックが各柱状多層構造体 20 に形成されることをより確実に防止することができる。

## 【0050】

Si 基板 11 上に形成される各柱状多層構造体 20 は、 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ の間隔を設けることが好ましい。各柱状多層構造体 20 の間隔が $20 \mu\text{m}$ よりも大きくなると、Si 基板 11 上に設けられる柱状多層構造体 20 の個数が制限され、窒化物半導体発光素子全体から発光される光の強度が低下する。また、各柱状多層構造体 20 の間隔が $5 \mu\text{m}$ よりも小さくなると、Si 基板 11 に対して柱状多層構造体 20 が高密度で設けられるために、各柱状多層構造体 20 によって Si 基板 11 に高応力が作用し、クラックが生じて発光強度が低下するおそれがある。

## 【0051】

また、開口部 18a の開口面積が大きくなると、半導体発光素子全体の発光強度が低下することが、各種実験より明らかになっている。例えば、図4に示すように、三角形の開口部 18a を有する窒化物半導体発光素子では、 $\langle 11-2 \rangle$ 方向と垂直な $\langle 1-10 \rangle$ 方向に沿った一辺の長さが $150 \mu\text{m}$ 以上になると発光強度が低下する。

## 【0052】

また、このように三角形の開口部を有する窒化物半導体発光素子の場合、初期発光強度と 1 0 0 0 時間通電後の発光強度との相対強度と、開口部 1 8 a の一辺の長さとの関係を図 5 に示す。図 5 から明らかなように、開口部 1 8 a の一辺の長さが 1 0 0  $\mu\text{m}$  よりも大きくなると、相対発光強度が低下する。このために、開口部 1 8 a の一辺の長さを 1 0 0  $\mu\text{m}$  以下とすることにより、発光強度の経時的な低下が抑制されて、高寿命の窒化物半導体発光素子とすることができる。

## 【 0 0 5 3 】

なお、絶縁膜 1 8 の各開口部 1 8 a 内にそれぞれ形成される柱状多層構造体 2 0 は、前記実施の形態のように、全て同様の組成として、同色の光を発光させる構成に限らず、柱状多層構造体 2 0 における窒化物半導体の組成を変更して、異なる波長の光を発光させるようにしてもよい。この場合には、各柱状多層構造体 2 0 から発せられる光を三原色のいずれか一つの色の光をそれぞれ出射するようにして、各柱状多層構造体 2 0 に対して、個々にトランジスタ等のスイッチング素子およびその駆動回路を設けることにより、高精細なカラー画像を形成することができる表示装置が得られる。

## 【 0 0 5 4 】

また、図 1 に示す窒化物半導体発光素子において、全ての柱状多層構造体 2 0 同士を透明電極 1 6 によって電氣的に接続する構成に代えて、図 6 に示すように、隣接した柱状多層構造体 2 0 において、絶縁膜 1 8 の各開口部 1 8 a から突出する第 2 のクラッド層 2 5 同士を、各クラッド層 2 5 の上面から両者の間を埋めるように設けられた導電体 2 7 によってそれぞれ直接接続するとともに、全体を覆うように透明電極 1 6 を設けるようにしてもよい。

## 【 0 0 5 5 】

これにより、各柱状多層構造体 2 0 同士を接続する横方向の抵抗（シート抵抗）を低減することができ、半導体発光素子全体の駆動電圧を低減することができる。

## 【 0 0 5 6 】

この場合には、導電体 2 7 のエッジによって、透明電極 1 6 が切断されることを防止するために、透明電極 1 6 を厚く形成することが好ましい。

## 【0057】

なお、図3に示す窒化物半導体発光素子においても、図7に示すように、隣接する柱状多層構造体20の間に位置する絶縁膜18部分上に、導電体27を設けるようにしてもよい。このような構成によっても、各柱状多層構造体20同士を接続する横方向の抵抗（シート抵抗）が低減され、半導体発光素子全体の駆動電圧を低減することができる。この場合も、透明電極16の切断を防止するために、透明電極16を厚く形成することが好ましい。

## 【0058】

## 【発明の効果】

本発明の半導体発光装置は、このように、シリコン基板に対して、複数の窒化物半導体材料の積層構造がそれぞれ独立して設けられているために、結晶成長後の温度変化によってシリコン基板に加わる応力が低減され、クラックの発生を防止することができる。その結果、長寿命であって高輝度とすることができる。また、本発明の半導体発光装置の製造方法は、このような半導体発光装置を容易に製造することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の半導体発光素子の実施の形態の一例を示す概略断面図である。

## 【図2】

その半導体発光素子の概略平面図である。

## 【図3】

本発明の半導体発光素子の実施の形態の他の例を示す概略断面図である。

## 【図4】

本発明の半導体発光素子の実施の形態のさらに他の例を示す概略平面図である。

## 【図5】

本発明の半導体発光素子における初期発光強度と1000時間通電後の発光強度との相対強度と、絶縁膜に形成される開口部の一辺の長さとの関係を示すグラフである。



【図 6】

本発明の半導体発光素子の実施の形態の他の例を示す概略断面図である。

【図 7】

本発明の半導体発光素子の実施の形態の他の例を示す概略断面図である。

【図 8】

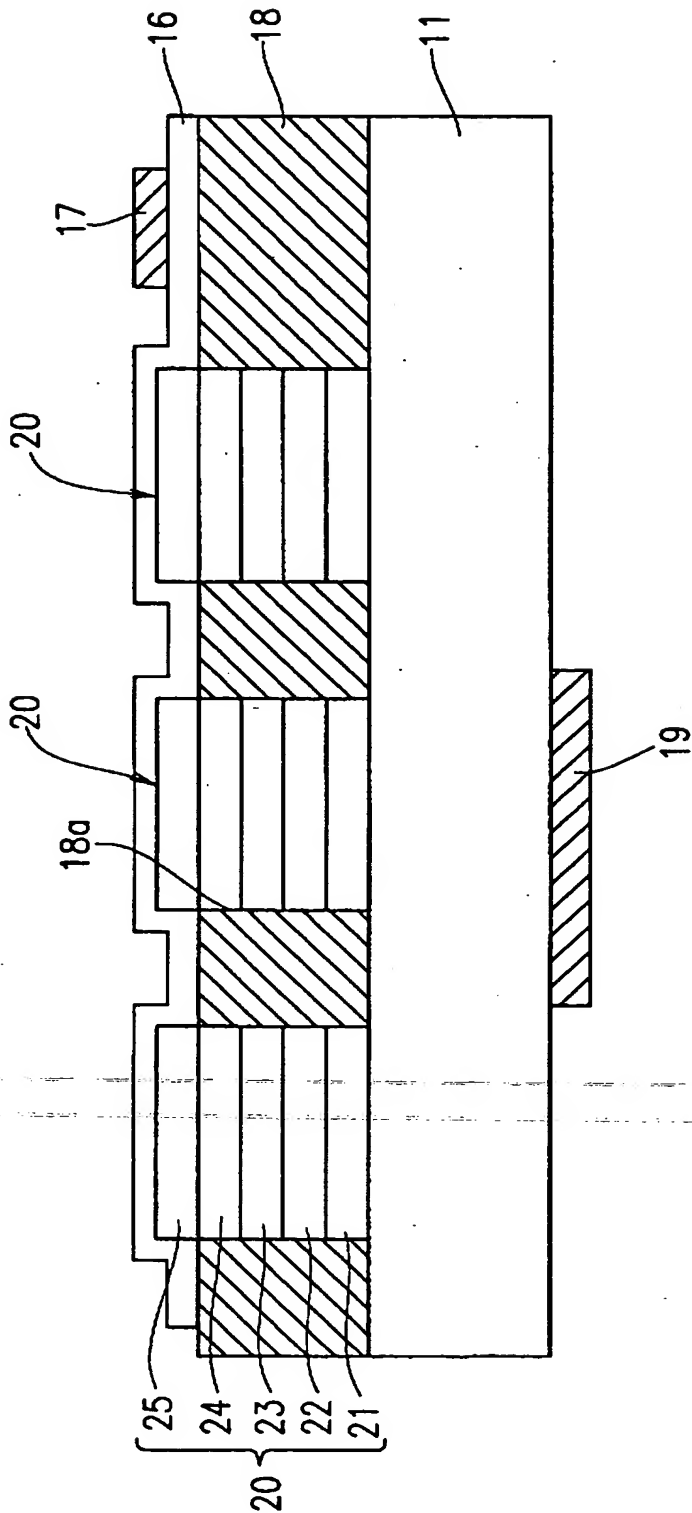
従来の半導体発光素子の概略構成図である。

【符号の説明】

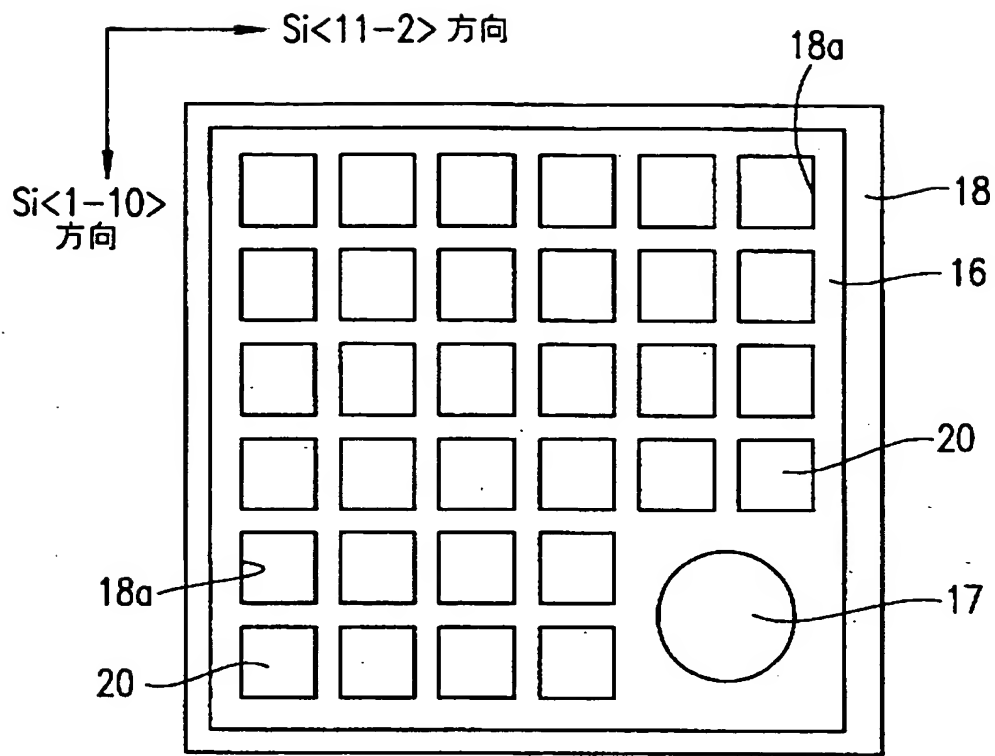
- 1 1    S i 基板
- 1 6    透明電極
- 1 7    ボンディング電極
- 1 8    絶縁膜
- 1 8 a   開口部
- 1 9    裏面電極
- 2 0    柱状多層構造体
- 2 1    バッファ層
- 2 2    第 1 のクラッド層
- 2 3    発光層
- 2 4    キャリアブロック層
- 2 5    第 2 ブロック層
- 2 7    導電体

【書類名】 図面

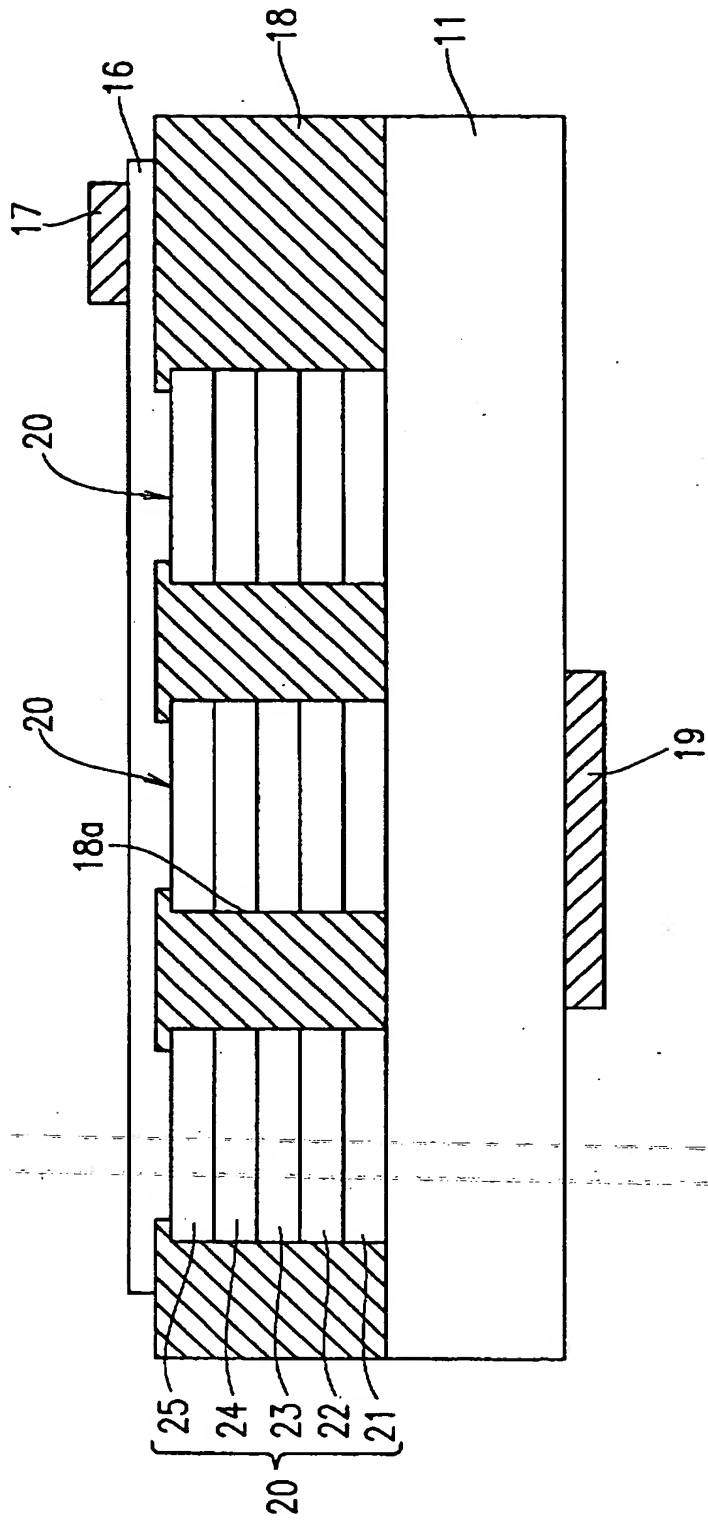
【図 1】



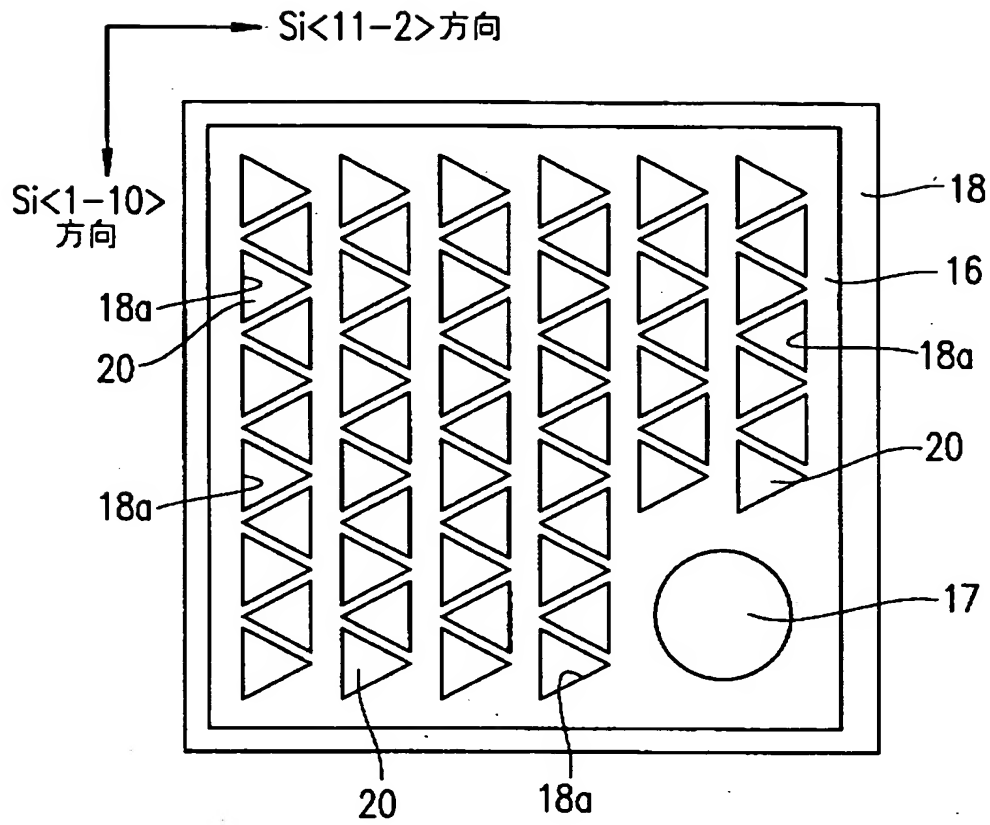
【図 2】



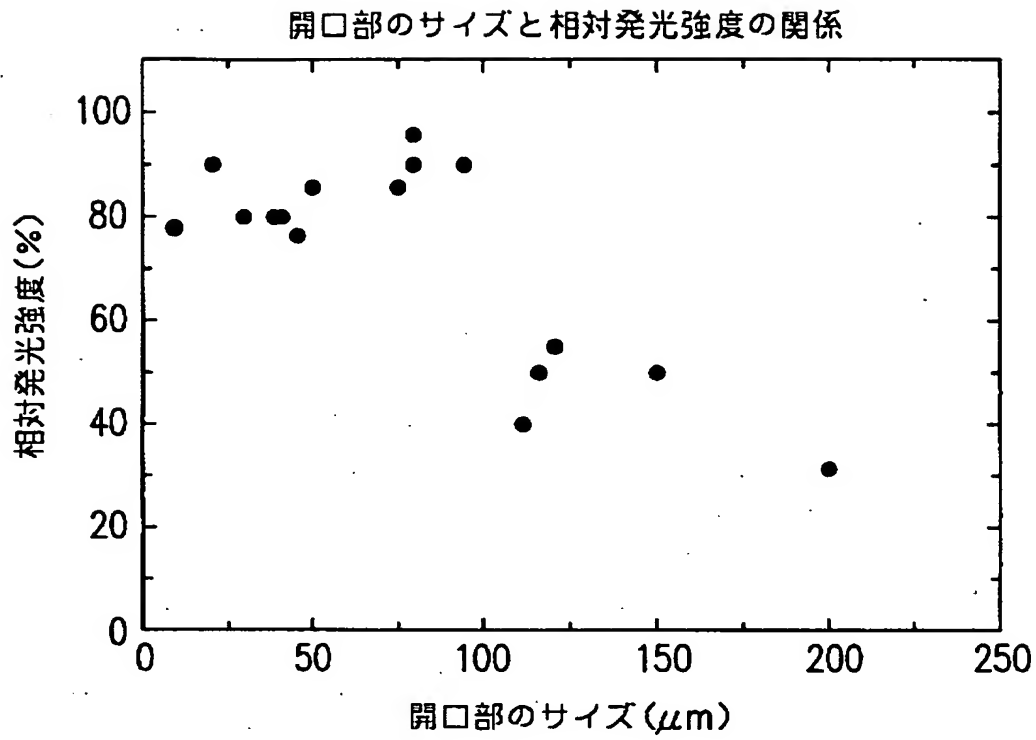
【図 3】



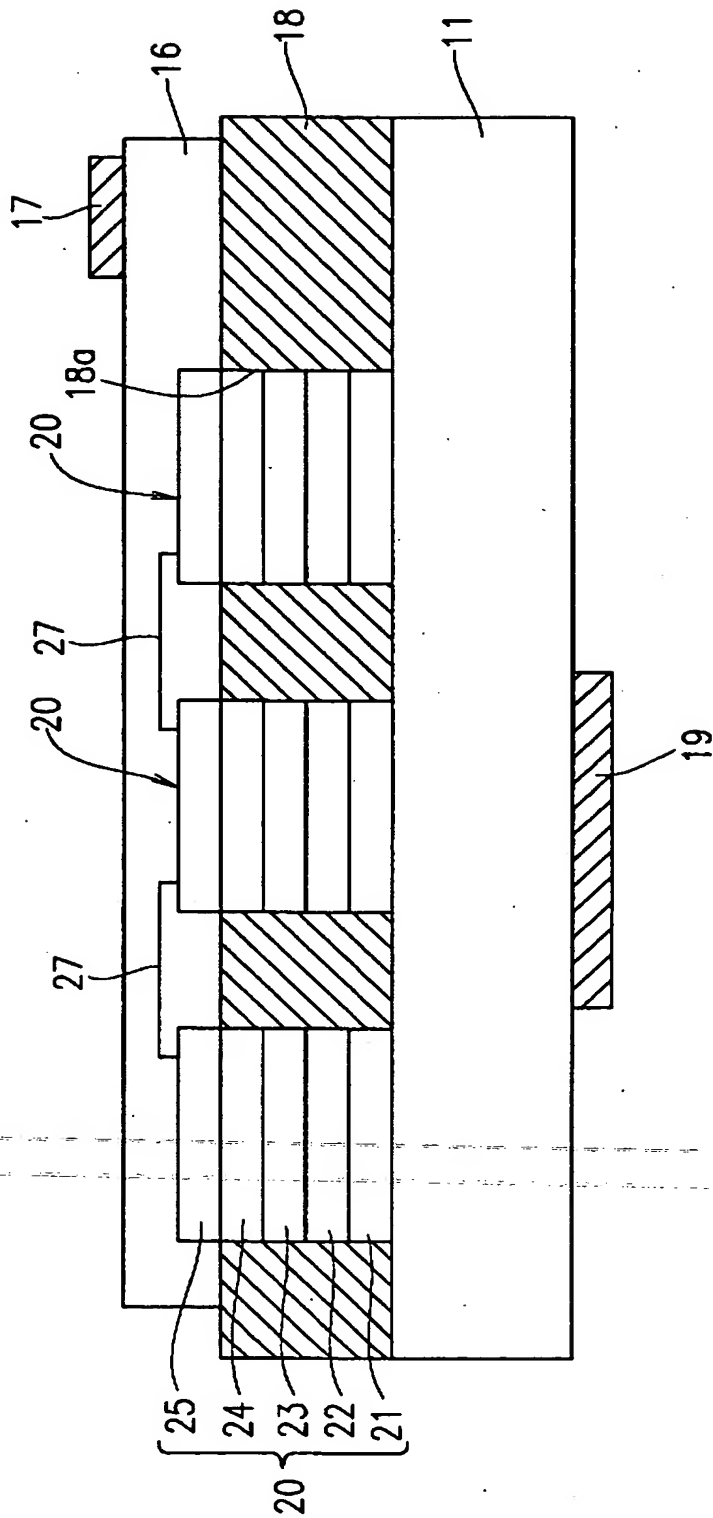
【図 4】



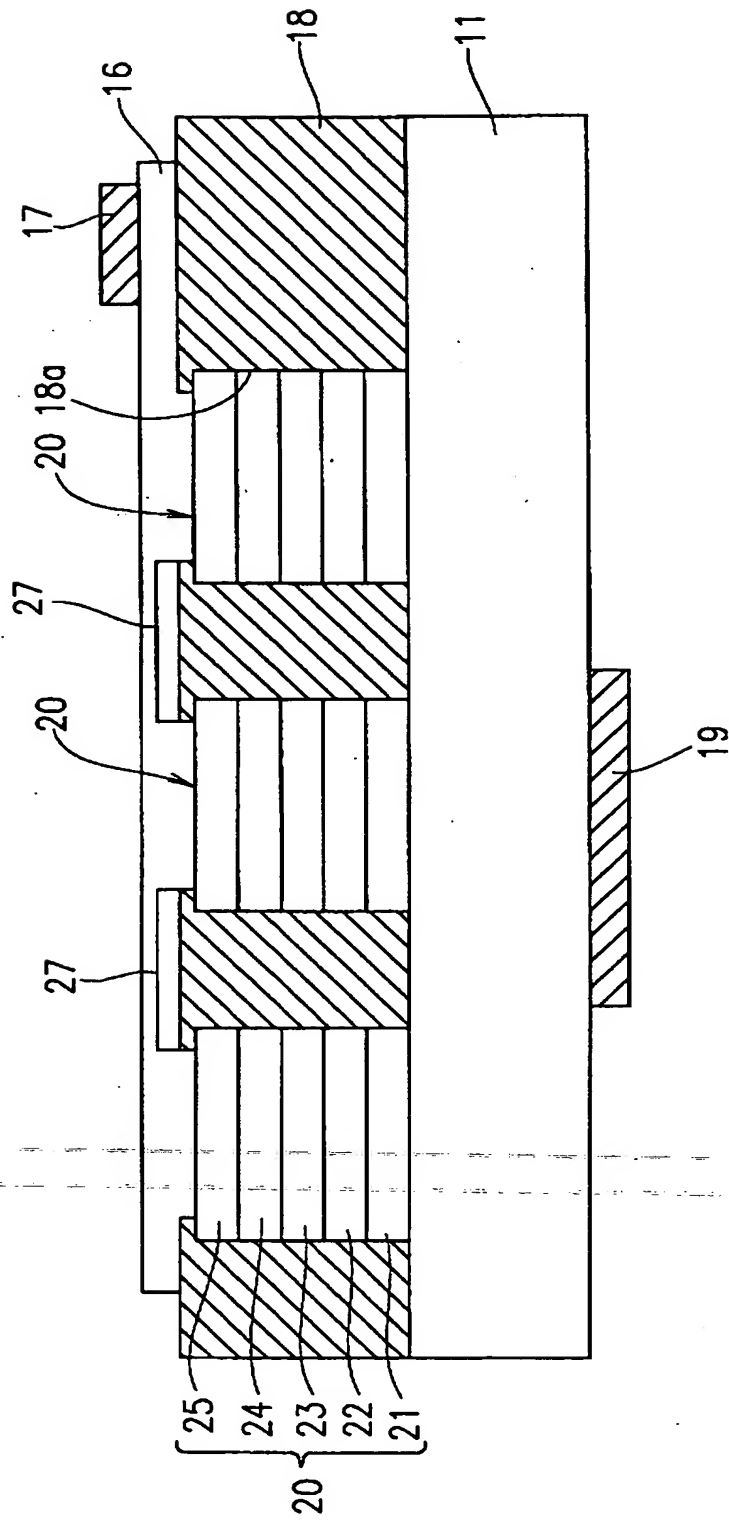
【図 5】



【図 6】

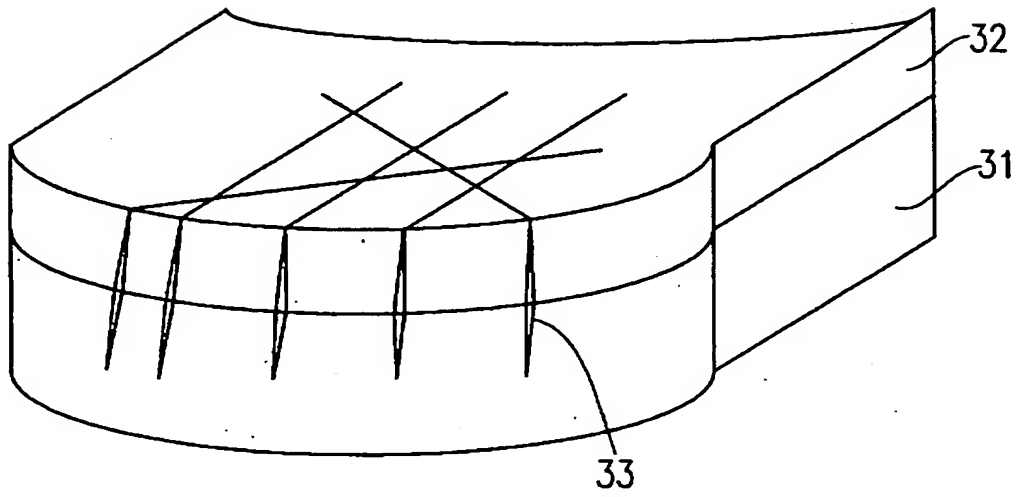


【図 7】





【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 クラックの発生が防止されて、高輝度であって長寿命である。

【解決手段】 Si 基板 1 1 上に、複数の開口部を有する絶縁膜 1 8 が設けられており、絶縁膜 1 8 の各開口部 1 8 a に、窒化物半導体材料によって発光層を有する柱状多層構造体 2 0 が形成されている。絶縁膜 1 8 上には、各柱状多層電極体同士を相互に電氣的に接続する透明電極 1 6 が、絶縁膜 1 8 のほぼ全体にわたって設けられている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市阿倍野区长池町22番22号  
氏 名 シャープ株式会社